

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

AD

(11)Publication number : 62-278507

(43)Date of publication of application : 03.12.1987

(51)Int.Cl.

G02B 6/12

(21)Application number : 61-121010

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 28.05.1986

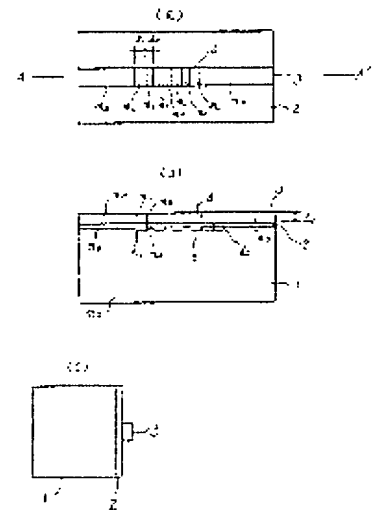
(72)Inventor : SANO HIROHISA  
IMOTO KATSUYUKI  
MAEDA MINORU

(54) OPTICAL FILTER AND OPTICAL WAVELENGTH MULTIPLEX TRANSMISSION DEVICE USING SAME

(57)Abstract:

PURPOSE: To reduce emission loss and to facilitate the manufacture by embedding  $\geq 2$  kinds of materials which differ in refractive index from a waveguide in plural grooves formed in the waveguide.

CONSTITUTION: The waveguide 3 which has a refractive index  $n_H$  and a buffer layer 2 which has a lower refractive index  $n_B$  than  $n_H$  are formed on a substrate 1 which has a refractive index  $n_S$ . A layer 4 with a lower refractive index  $n_L$  than the  $n_H$  and a thick clad layer 5 with a lower refractive index than the  $n_L$  are embedded in the grooves provided periodically to the layers 2 and 3. The refractive index  $n_L$  is so set regardless of the refractive index  $n_S$  so that  $n_L < n_S$  and even when the light loss due to a leak of light to the substrate 1 increases, the light leak is reduced because of an exponential function decrease in the loss by an increase in the thickness of the layer 5, so that the difference between the refractive indexes  $n_H$  and  $n_L$  is increased optionally. Thus, while the emission loss is reduced, the size of the constitution is reducible and the manufacture is facilitated.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

Best Available Copy

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭62-278507

⑬ Int.Cl.<sup>4</sup>  
G 02 B 6/12

識別記号

庁内整理番号  
8507-2H

⑭ 公開 昭和62年(1987)12月3日

審査請求 未請求 発明の数 2 (全7頁)

⑮ 発明の名称 光フィルタおよびそれを用いた光波長多重伝送デバイス

⑯ 特 願 昭61-121010

⑰ 出 願 昭61(1986)5月28日

⑱ 発 明 者 佐 野 博 久 国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑲ 発 明 者 井 本 克 之 国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑳ 発 明 者 前 田 稔 国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

㉑ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

㉒ 代 理 人 弁理士 小川 勝男 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

光フィルタおよびそれを用いた光波長多重伝送デバイス

2. 特許請求の範囲

1. 基板の上に設けられた2次元または3次元光導波路に複数の溝を光伝搬方向に周期的に有し、その溝に導波路と屈折率の異なる少なくとも2種の材質が埋め込まれていることを特徴とする光フィルタ。

2. 特許請求の範囲第1項において、上記溝部に埋め込まれる材質よりもわずかに屈折率の低い材質が溝部の底に埋め込まれていることを特徴とする光フィルタ。

3. 基板上に設けられた2次元または3次元の光導波路に複数の溝を光伝搬方向に周期的に有し、その溝に導波路と異なる屈折率を有する少なくとも2種の材質が埋め込まれ、上記溝が光伝搬方向に対し導波路内の伝搬光を分離させるような角度で形成されていることを特徴とする

光波長多重伝送デバイス。

4. 特許請求の範囲第3項において、上記溝で分離された光の伝搬方向に発光または受光素子を有することを特徴とする光波長多重伝送デバイス。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、波長選択性を有する光フィルタおよびその光フィルタを用いた光波長多重伝送デバイスに関するものである。

〔従来の技術〕

光ファイバ通信における光波長多重伝送技術は通信システムの経済化をはかる上で重要であり、上記光波長多重伝送において、光合分波器は必須のデバイスである。

従来、光合分波器の1つに干渉膜フィルタを用いる構成がある。この干渉膜フィルタを用いた光合分波器は、通過域、阻止域損失特性、通過帯域幅とも良好な特性が得られており、広く用いられている(柳井, 光通信ハンドブック, 朝

倉書店刊、P 3 2 4 ~ P 3 3 1、1982)。またこの干渉膜フィルタ構造を応用し、導波路構造で実現させようとする光フィルタを本発明は先に提案した(特願昭60-259760号)。これは第10図に示すように、スラブあるいは3次元光導波路の導波路層に、所望周期間隔、所望幅で、上記導波路層の厚さよりも深い溝を光伝搬方向に沿って複数個形成し、上記溝に導波路層の屈折率と異なる屈折率を有する材質の膜を埋込んだ光フィルタである。

〔発明が解決しようとする問題点〕

上記従来の個別部品型光合分波器の構成では、干渉膜フィルタをガラス平板に蒸着し、上記干渉膜フィルタ付ガラス平板をガラスブロックに接着剤で貼付けており、接着による貼付けの際に精密な光軸合わせを必要とし、また接着剤の厚さによってガラスブロックへのガラス平板貼付け角度が変化するため、光を励振しながら精密な位置や角度を調整する必要がある。また組立て加工時間もかかりすぎるため、低コスト化が難しい。さらにガラスブロックを鏡面研磨し、寸法精度、角度精

〔問題点を解決するための手段〕

上記目的を達成するために、本発明は次のような構成にしたものである。すなわち、スラブあるいは3次元光導波路の導波路層に、所望周期間隔、所望幅で上記導波路層の厚さよりも深い溝を光伝搬方向に沿って複数個形成し、上記溝に導波路層の屈折率と異なる屈折率を有する第1の材質の膜を埋込み、該膜の上に該膜の屈折率よりも高い第2の材質の導波路層を形成する膜を埋込んで光フィルタを形成したものである。そして上記光フィルタを光導波路に少なくとも1個設け、上記光フィルタを透過した光信号側に、半導体発光素子または受光素子のいずれか一方、あるいはそれら両方を配置してモノリシック状に形成することにより、光波長多重伝送デバイスを構成したものである。

〔作用〕

本発明の光フィルタは導波路上に設けられた反射部を低屈折率層4及びクラッド層5の2層構造で構成した点に最大の特徴がある。図10に示した従来の構造では、これが単層構造となっており、

度を高めなければならないため、非常に高価なものとなり量産性が悪い。また半導体発光素子、受光素子を上記光合分波器と組合わせて双方向伝送用ハイブリッド光モジュールを構成しようとする、組立て加工や光軸調整により時間がかかり、非常に高価になり、量産がむずかしいという問題があった。

第10図の構成は、従来の半導体発光素子や受光素子を構成するプロセスを用いて、より簡易化、経済化がはかれる1チップモノリシック型の光フィルタが得られるという特徴を有している。しかし、種々の理論計算を進めていった結果、低屈折率層4の屈折率 $n_L$ を基板の屈折率 $n_s$ よりも低く設定した場合には光が基板に漏れ出してしまうため損失が大きくなってしまうので、導波路層3の屈折率 $n_H$ と $n_L$ の差を大きく選ぶことが難しいという問題点があった。

本発明の目的は、上記のように $n_L < n_s$ の場合でも放射損失を少なく抑えることのできる新規構造を提供することにある。

反射部に入った光のかなりの部分が基板の側へ漏れ出してしまう大きな損失を生じてしまう。これに対し、本発明の光フィルタの場合では反射部に入った光は低屈折率層4とクラッド層5の境界面で全反射されるので基板に漏れ出さず、損失も受けない。また、導波路層と反射部との境界面で生じる放射損失についても、低屈折率層の厚み及びクラッド層の屈折率を適当に調整することにより十分に小さくすることが可能となる。なお、この場合の調整方法として正規化周波数整合という方法を新しく導入し、簡単な計算だけで十分な精度の調整が行えるようにしている。

〔実施例〕

第1図に本発明の光フィルタの実施例を示す。(a)は上面図、(b)は(a)のA-A'面での断面図、(c)は側面図である。1は基板であり、その材質は半導体、誘電体あるいは磁性体など任意に選んでよい。3は屈折率 $n_H$ をもつ導波路層であり、2は $n_H$ よりも低い屈折率 $n_B$ をもつパツファ層である。4は低屈折率層であり、

$n_H$  よりも低い屈折率  $n_L$  をもっている。5 はクラッド層であり、その屈折率は  $n_L$  よりも低く選ばねばならない。低屈折率層 4 の下にクラッド層 5 を設けた構造は本発明の光フィルタの重要な特徴であり、これを設けることにより基板 1 の屈折率  $n_s$  に無関係に低屈折率層の屈折率  $n_L$  を設定することが可能になる。5 のクラッド層を設けない構造では、 $n_L$  を  $n_s$  よりも低く設定した場合には光が基板に漏れ出してしまいうため損失が大きくなってしまうので、 $n_H$  と  $n_L$  の差を大きく選ぶことが難しかった。図 2 はクラッド層 5 を設けた導波路の損失の計算値を示したものであるが、これから解るようにクラッド層 5 の厚みを増やしてやることで損失を指数関数的に減少させることが出来る。従つて  $n_L$  を  $n_s$  よりも小さく選んだ場合でもクラッド層 5 を厚くすることで損失を十分に小さく出来るので、 $n_H$  と  $n_L$  の差を任意に大きくすることが可能となる。 $n_H$  と  $n_L$  の差とフィルタの段数の間には反比例の関係があり、 $n_H$  と  $n_L$  の差を大きくすることが出来るならば少な

い段数でフィルタを構成することが出来るので素子を大幅に小型化することが可能となる。一例として、1 に InP 基板、2 に InP 層（低ドーピング）、3 に InGaAsP 層、4 及び 5 に  $SiO_2$  に  $TiO_2$  をドーブした層（4 は 5 よりも高濃度でドーブ）をそれぞれ想定した場合のフィルタ特性の計算値を第 3 及び第 4 図に示す。 $d_H$  は導波路が単一モードとなるように選んでいる。 $d_L$ 、 $d_H$  は通常の干渉膜フィルタの場合と同じく、

$$d_L = \frac{n_1}{4n_L} \lambda_1, \quad d_H = \frac{n_2}{4n_L} \lambda_1, \quad (n_1, n_2 = 1, 3, 5, 7 \dots)$$

と選べば良い。但し  $\lambda_1$  はフィルタの中心波長である。図より、この構造が中心波長  $1.175 \mu m$  の帯域阻止フィルタとなつていていることが解る。阻止域の減衰量は段数に比例して増加するが、 $n_H$  と  $n_L$  の差を大きくとつているために通常の干渉膜フィルタの半分以下の段数で十分な減衰量が得られている。又第 4 図から解るように帯域幅は先の  $d_L$ 、 $d_H$  の設定時の  $n_1$ 、 $n_2$  を増やすことで任意に狭くしていくことが可能である。

第 5 図は本発明の光フィルタの別の実施例を示したものである。同図 (a) は上面図、(b) は (a) の A-A' 面での断面図、また (c) は側面図をそれぞれ示している。図中の記号のなかで第 1 図と共通なものは共通する機能を有していることを意味している。この実施例は導波路をリブ型と呼ばれる構造にしたもので、3 の両側に厚さ  $d_R$  のスラブ部 6 を有する点の特徴である。このリブ型導波路は第 1 図の矩形導波路に比べて製作時の加工精度条件を緩和することが出来るので実用性が高い。第 1 図は第 5 図において  $d_R \rightarrow 0$  となつたものと考えることが出来る。また  $d_H \rightarrow 0$  の極限では図 5 の構造はスラブ型の 2 次元導波構造に移行する。

第 6 図は本発明の光フィルタの別の実施例であり、第 5 図の構造にカバー層 7 を積層した構造になつていている。第 1 図及び第 5 図のように導波層が直接に外気と接している様な構造では、光は一部分外気中にしみ出して伝搬しているために外乱の影響を受けやすい。カバー層 7 はこれを防ぐため

に設けられたものである。またカバー層 7 は導波層の材質が空気中の酸素等の活性気体により変質を受けることを防ぐ役目も果している。ただしカバー層 7 の屈折率  $n_C$  は  $n_H$  及び  $n_L$  よりも小さく選ぶ必要がある。

本発明の光フィルタは導波部に大きな屈折率差を有する反射部（4 及び 5）を設けることを最大の特徴としている。この特徴により、少ない段数でフィルタを構成することが可能になつていているのであるが、これは同時に反射部一段当たりで生じる放射損失もまた大きくなり得るということを意味している。第 3 図及び第 4 図での計算値に現れている 2～3 dB 程度の損失のほとんどは、この導波路不連続面での放射損失であり、フィルタの低損失化のためには、この放射損失を出来る限り小さくしなければならない。このためには導波層 3 及びパツファ層 2 の中における導波光の電磁界分布と反射部での導波光の電磁界分布を整合させる必要があるが、これを詳細な電磁界解析を基に行うことは煩雑であるばかりでなく、必ずしも見

通しの良い解を与えない。そこで、ここでは導波路の正規化周波数というパラメータを考え、これを一致させることで導波光の電磁界分布の整合を近似的に満足させるという方法を用いる。正規化周波数(V)は以下の式で与えられるパラメータであり、導波路中の光の導波状態を示すパラメータとして一般に用いられているものである。

$$V = (n_H^2(L) - n_B^2(L)) d_H(L) k \quad (k \cdots \text{光の自由空間波数})$$

第7図は1段当りの放射損失を縦軸に正規化周波数差をとってグラフ化したものであるが、これを見ると正規化周波数差が零となる点と損失が最小となる点はほぼ一致しており、正規化周波数を用いる手法の妥当性が確認されている。

第8図は光フィルタの製造工程の一例を示したものである。同図(a)は基板1の上にパツファ層2、導波路層3を形成する工程である。(b)は反射部を埋め込むための溝を形成する工程であり、用いる工法としてはドライエッチングを想定している。導波路が単一モードとなる様に各層の厚みを決めた場合には溝の深さは2~3μm程度

導波され、受光素子に達することはない。また発光素子11から出た波長1.55μmの光は光フィルタ9、10を通過して矢印16-1方向へ出射される。1.55μmの光の一部分は導波路の分岐点で受光素子12、13の方向へ漏れ出すが、この光は導波路に設けた14、15の低屈折率部の影響でカットオフ波となるので、導波路外に出て行くので受光素子には達しない。なお低屈折率部14、15はイオン打ち込み等の手法で作ることを想定しているが、光フィルタと同様の工程で一括して作ることも可能である。なお第9図において、11を受光素子、12、13を発光素子としてもよい。また本発明は上記実施例に限定されない。たとえばn<sub>H</sub>を低屈折率層とし、n<sub>L</sub>を高屈折率層としてもよい。この場合、n<sub>H</sub> > n<sub>B</sub> , n<sub>L</sub> > n<sub>T</sub> を満足するように選ぶ。

〔発明の効果〕

本発明によれば、膜を埋込んで部分での放射損失を最少となるように導波路構造を最適化することができる。その結果、低損失、広帯域光フィル

となる。(c)は溝にクラッド層5を埋込む工程であり、(d)は同じく低屈折率層4を埋込む工程である。用いる技術としては現状ではCVDが最も適当であると思われる。

図9は本発明の光集積回路の実施例を示したものである。これは波長多重伝送デバイスであり、多重数は3(1.2μm, 1.3μmの光を受光、1.55μmの光を発光)としている。8は光導波路であり、9、10はそれぞれ中心波長1.2μm, 1.33μmの帯域阻止特性を有する光フィルタである。光フィルタ9、10は導波路に対して角度を付けて設けられており、これによつて入射光と反射光の進行方向を分け、分波を行う。従つて矢印16-2に従つて入射された光は波長1.2μmのものだけが光フィルタ9で反射されて受光素子12へと導波される。波長1.3μmの光は光フィルタ9は通過するが、光フィルタ10で反射されて受光素子13へと導波される。入射光に1.2μm, 1.3μm以外の波が含まれていた場合には、それらの波は発光素子11に

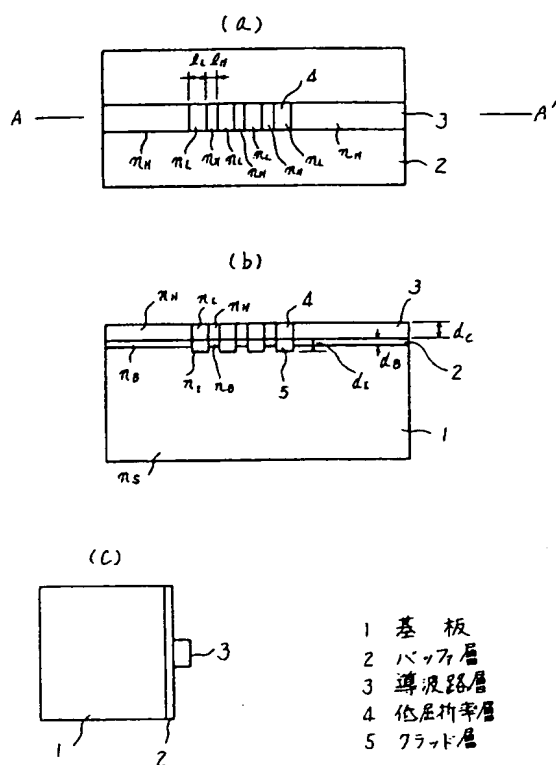
タおよびその光フィルタを用いた光波長多重伝送デバイスを実現することができ、1チップモジュール化により、製造コスト、信頼性を大幅に改善することが可能である。

#### 4. 図面の簡単な説明

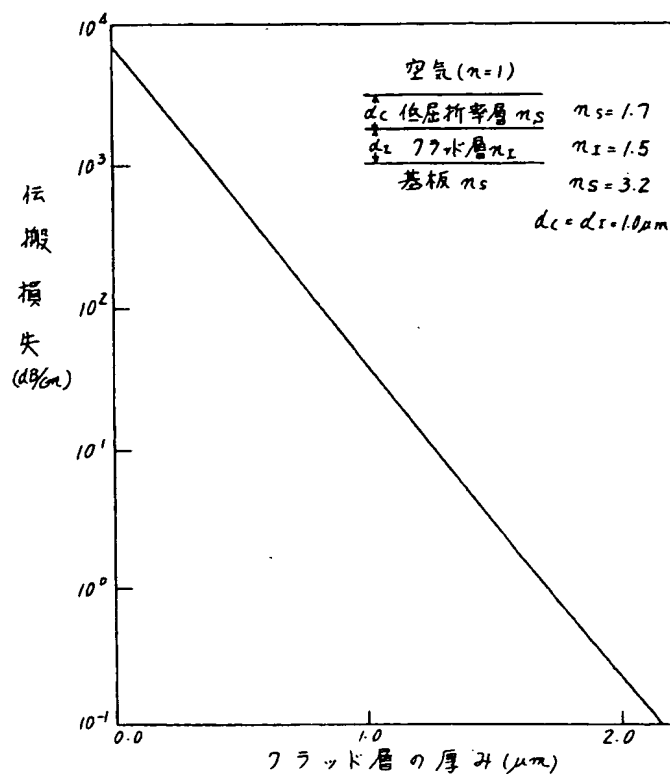
第1図、第5図及び第6図は本発明の光フィルタの実施例を示す図、第9図は本発明の光波長多重伝送デバイスの実施例を示す図、第2図はクラッド層を付加した導波路の伝搬損失特性を示す図、第3図及び第4図は本発明の光フィルタの波長特性を示す図、第7図は反射部での結合損失特性を示す図、第8図は本発明の光フィルタの製造工程を示す図、第10図は先に本発明者が提案した光フィルタの構成を示す図である。

1…基板、2…パツファ層、3…導波路層、4…低屈折率層、5…クラッド層、6…スラブ層、7…カバー層、8…導波路、9、10…光フィルタ、11…発光素子、12、13…受光素子、14、15…低屈折率部、16…光の伝搬方向を示す矢印。

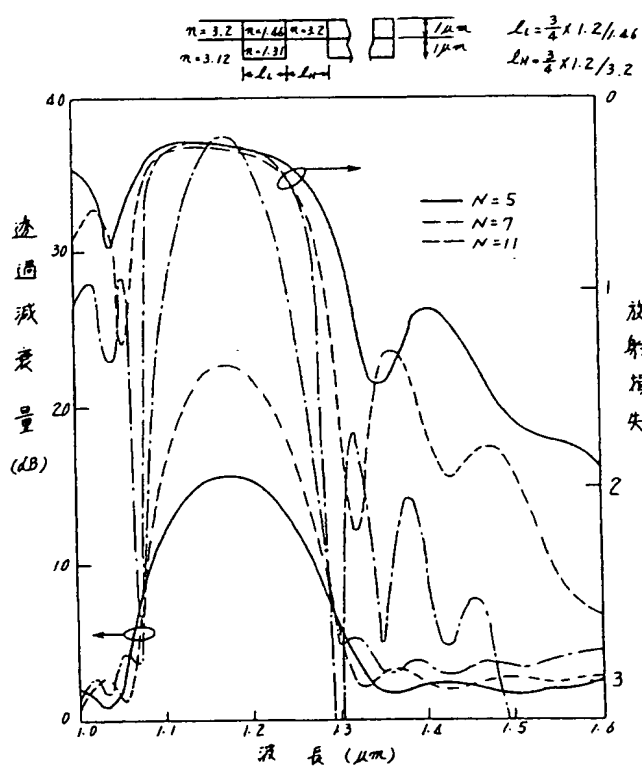
第 1 回



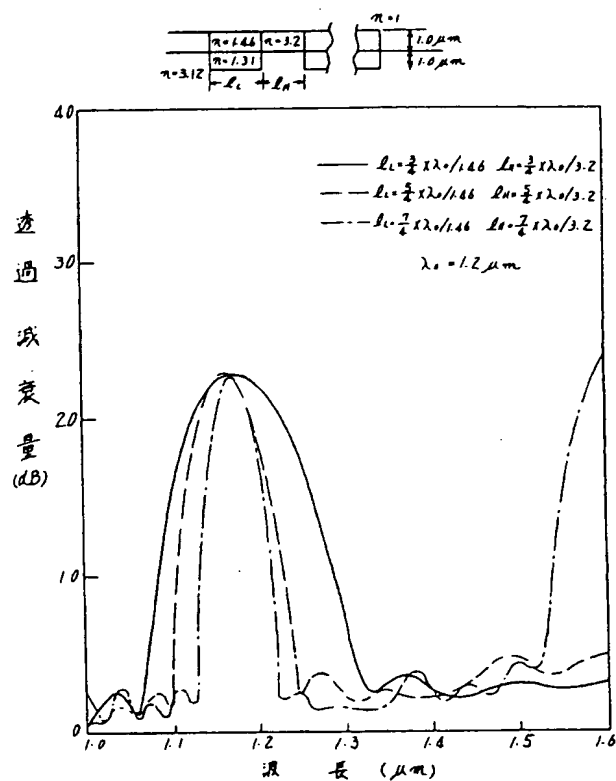
第 2 回



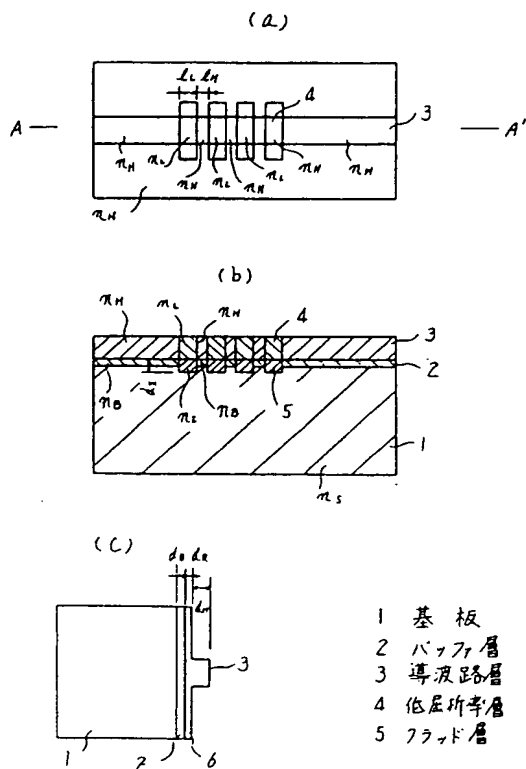
第 3 图



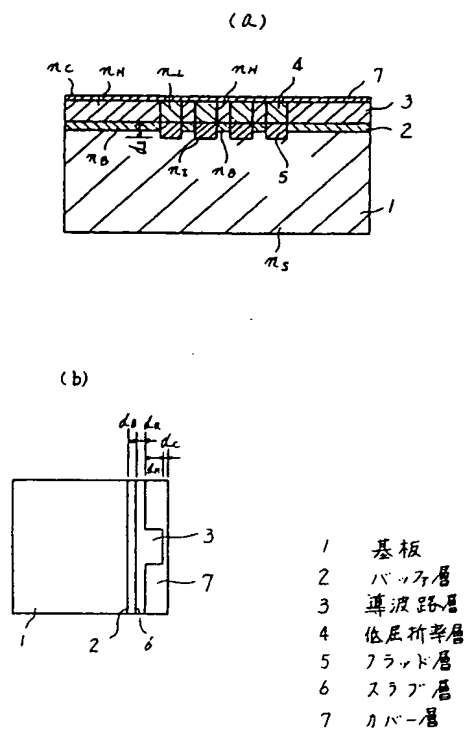
第 4 回



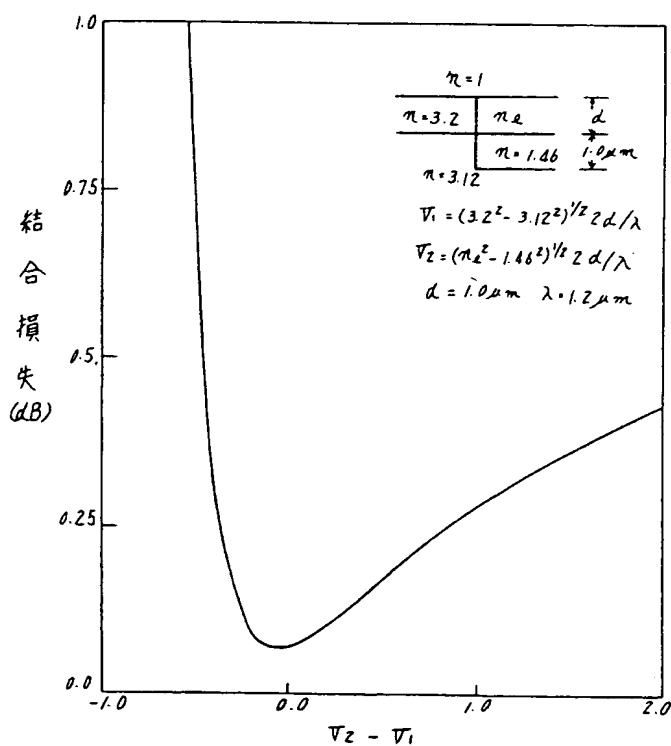
第 5 図



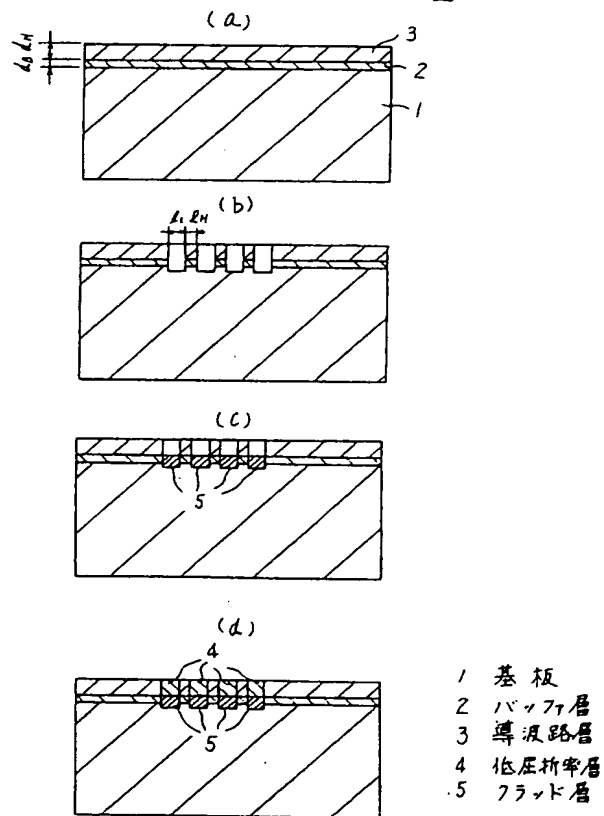
第 6 図



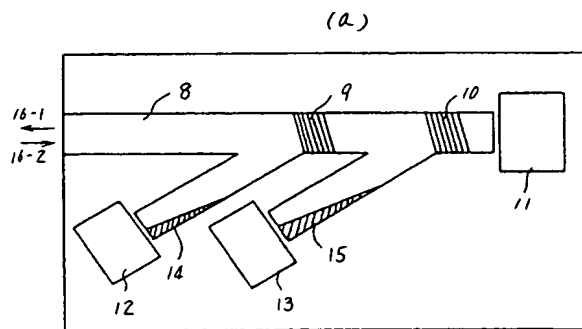
第 7 図



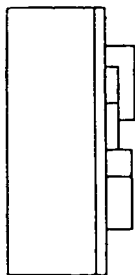
第 8 図



第 9 図



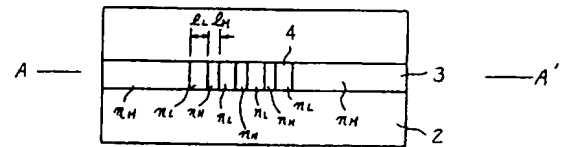
(b)



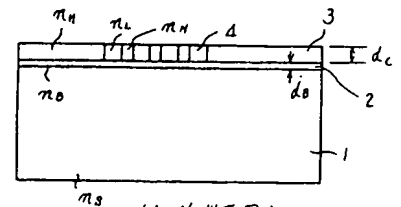
- 8 導波路
- 9 光フィルタ( $0.2\mu m$ )
- 10 光フィルタ( $1.3\mu m$ )
- 11 発光素子( $1.55\mu m$ )
- 12 受光素子( $1.2\mu m$ )
- 13 受光素子( $1.3\mu m$ )
- 14 低屈折率部
- 15 低屈折率部

第 10 図

(a)

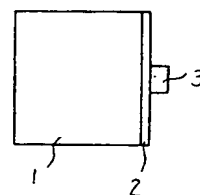


(b)



(A-A' 断面図)

(c)



- 1 基板
- 2 バッファ層
- 3 導波路層
- 4 低屈折率層
- 5 フラッド層